Effects of Carbon Dioxide, Nitrogen, and Tropospheric Ozone on Canada's Forest Carbon

NATURAL RESOURCES
NOW AND FOR THE FUTURE

There is little evidence to date that the effects of anthropogenic carbon dioxide, nitrogen, and tropospheric ozone are resulting in significant changes (either negative or positive) in forest growth rates at the landscape level. Any effects are likely to be regionally variable and occur against a background of long-term climate and forest change.

Human activities, such as fossil fuel burning, are increasing greenhouse gas concentrations globally. Some scientists suggest that excesses of some of these gases, particularly carbon dioxide and nitrogen, have a positive effect on forest growth. Others believe that excess nitrogen, increased tropospheric (ground-level) ozone, acid rain, and other conditions created by excess greenhouse gases harm forest growth.

Increased Nitrogen Deposition

In Canada, there is little evidence to date that nitrogen deposition has affected carbon accumulation rates at the landscape level. However, evidence shows that excess deposition has had harmful effects at the forest stand level.

Nitrogen is a nutrient that is essential to forest growth. In some forest ecosystems, nitrogen is a limiting factor as most of it occurs in forms that cannot be readily used by most plants. The

Most scientists believe that increased greenhouse gases (particularly carbon dioxide) in the atmosphere are contributing to climate change. Atmospheric carbon dioxide is increased by the burning of fossil fuels. At the same time, carbon dioxide is removed from the atmosphere by forests, agricultural soils, and oceans.

Canada's forests hold large stocks of carbon stored in trees, soil, and peat. When a forest's carbon stock is increasing, the forest is called a *sink*, and when it is decreasing, the forest is called a *source*. Whether a forest is a sink or a source can change over time. When the forest is destroyed by natural or human-induced disturbances, some of the carbon is returned to the atmosphere as carbon dioxide—the forest is a source. As the forest grows again, it absorbs carbon dioxide from the atmosphere in growing vegetation and accumulating soil—it is a sink.

Natural Resources Canada | Ressources naturelles Canada

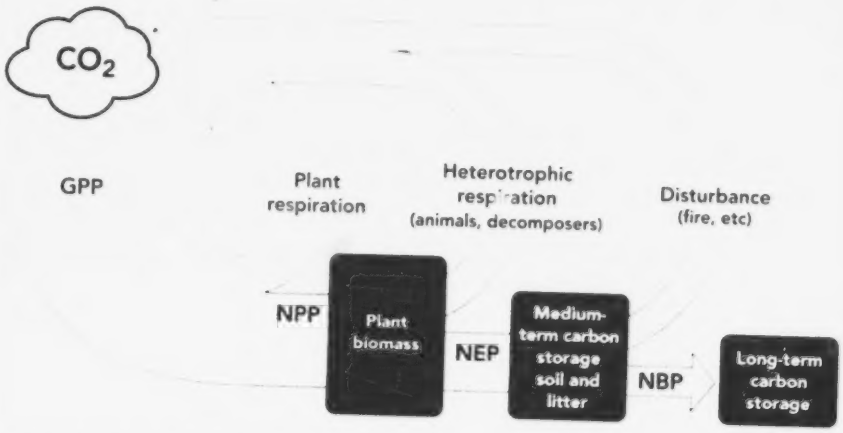
Canada

amount of available usable nitrogen in a given forest ecosystem plays an important part in plant biodiversity, the population dynamics of the associated food webs, and ecological processes such as plant productivity, winter hardiness, and biogeochemical cycling.

Human activities, such as the burning of fossil fuels, have increased the supply of available nitrogen to many forest ecosystems. Excess nitrogen

- is a major contributor to smog and acidification of fog, which alters ecosystem processes and health;
- results in losses of soil nutrients, such as calcium and potassium, thus, reducing long-term soil fertility;
- acidifies the soil, which may harm forest growth in some regions in the long term;
- is exported from forested watersheds, where it contributes to episodic acidification and eutrophication of aquatic ecosystems;
- may reduce the ability of plants to process carbon dioxide assimilated from the atmosphere;
- may reduce root to shoot biomass ratios and thus (1) increase plant sensitivity to drought,

Carbon budget of terrestrial ecosystems



Trees absorb carbon dioxide from the air. With energy from sunlight, this carbon dioxide is converted into sugars by photosynthesis. This is called gross primary production (GPP). About half of the sugars derived from GPP are used for maintenance of the tree (plant respiration), and the rest goes into new growth. The new growth is called net primary production (NPP). About five-sixths of the annual NPP is returned to the atmosphere by heterotrophic respiration (by herbivores and by decomposers such as bacteria and fungi attacking fallen leaves and branches). What remains—the total amount of organic material that builds up on the site over a year after all these losses have been subtracted—is called net ecosystem production (NEP). In a forest, some stands are affected by fire or other disturbances. Net biome production (NBP) is what is left at the scale of a whole biome (a range of ecosystems) after these disturbances. NBP is the net addition to or removal from the atmosphere.

counteracting possible water use efficiency gains from carbon dioxide fertilization and (2) increase the likelihood of nutrient deficiency due to smaller root mass; and

- can accelerate losses of existing biological diversity, especially among plants that are adapted to low-nitrogen soils, by increased competition with grasses and other plants that like higher nitrogen levels, affecting the animals and microbes that depend on them.

Increased nitrogen deposition may temporarily enhance forest carbon sequestration in nitrogen-limited ecosystems, leading to a short-term carbon gain in NPP. However, current research indicates that the amount of NBP in Canada's total forest (only a portion of which is managed) is actually declining; thus, Canada's total forest is estimated to be a net source of carbon dioxide to the atmosphere.

If there is a positive effect on forest growth from nitrogen deposition in North American forests, it could be negated in the medium term by other variables, for example, shortage of nutrients and water.

Carbon Dioxide Fertilization

In Canada, there is little evidence [illegible] carbon dioxide fertilization has affected carbon accumulation [illegible]

Under experimental conditions on immature trees, some species increase their rates of photosynthesis with increases in carbon dioxide, partly because of greater water-use efficiency. They thus have the potential to remove additional carbon dioxide from the atmosphere. This effect is known as carbon dioxide fertilization. It is hypothesized that carbon dioxide fertilization accounts for 0% to 33% of the carbon dioxide absorbed annually by terrestrial plants. The carbon dioxide fertilization effect may enhance the growth of some species in some natural forests and allow them to remove more carbon from the atmosphere, reducing the impact of fossil fuel combustion on global warming.

Free Air Carbon Dioxide Enrichment (FACE) provides a technology by which the carbon dioxide and ozone around growing plants may be modified to simulate levels of these gases in the future under climate change. FACE research tells us how increasing carbon dioxide will affect forests. The Canadian Forest Service is a research partner in the world's largest FACE experiment—the Free-Air Carbon Transfer and Storage: Aspen FACE (FACTSII). This multidisciplinary experiment investigates all measurable aspects of meteorology, gas flux, ecosystem response (above and below ground), carbon cycling, and stand-level process modeling.

Photosynthesis is not the only process that has to be considered in balancing atmospheric carbon dioxide. Increases in the uptake of carbon dioxide from the air by plants through photosynthesis is counterbalanced by the release of carbon dioxide through respiration or combustion of living and dead plant materials. The combination of these processes results in the net uptake from (or release to) the atmosphere of carbon dioxide.

Some scientists have hypothesized that Canada's forest NPP may be increasing, and that this increase may be in part due to carbon dioxide fertilization. However, at present, NBP in Canada's total forest is believed to be declining because of recent changes in disturbance patterns and age dynamics. It is estimated that Canada's total forest is emitting more carbon than it is taking up through photosynthesis

and has been a net source of carbon for several decades.

In eastern North America, inventory measurements indicate that carbon dioxide fertilization has not appreciably affected carbon accumulation rates in forest biomass over the past century. Forest-age dynamics, land-use change, and alterations in natural disturbance patterns have been shown to have a much larger influence than carbon dioxide fertilization on forest growth. There is a growing consensus in the scientific community that any carbon dioxide fertilization effects that may exist are expected to saturate (that is, their contribution to the continued net carbon dioxide removals will go to zero) over the next 100 years or so.

Free Air Carbon Dioxide Enrichment (FACE) studies indicate that while increased carbon dioxide alone results in an increase in growth in some tree species, the increases are negated by the effects of tropospheric ozone.

Tropospheric Ozone

While ozone in the upper atmosphere protects the Earth from harmful ultraviolet radiation, tropospheric (ground-level) ozone is a toxic pollutant. Scientists believe that up to 49% of global forests (17 million square kilometres) will be exposed to damaging levels of tropospheric ozone by 2100.

Tropospheric ozone, a major component of smog, is formed from reactions between primary pollutants (nitrogen oxides and volatile organic compounds) and sunlight. Nitrogen oxides and volatile organic compounds are produced from such human activities as fossil fuel burning and transportation. Tropospheric ozone is a greenhouse gas, trapping outgoing heat radiation and radiating it back to Earth. It is the most pervasive and toxic gas to plants in the atmosphere.

Although the precursors of nitrogen oxide pollutants come mainly from urban areas, wind carries them over long distances, resulting in significant tropospheric ozone production at regional and continental scales. The highest levels of tropospheric ozone are produced on warm sunny days with relatively still air, in mid- to late summer, during the late morning and early afternoon, particularly in areas with thermal inversions.

Annual mean ground-level tropospheric ozone concentrations in Canada are increasing, particularly in urban areas. At least two million hectares of Canada's productive eastern forest is exposed annually to damaging levels. Exposure to western forests is difficult to estimate due to lack of ground-level monitoring data, but some western forest ecosystems will likely be more exposed due to significant industrial expansion.

The ozone fumigation facility at the Canadian Forest Service's Atlantic Forestry Centre is the only facility in Canada currently investigating the combined effects of human-induced stresses involving ozone. These studies on birch species include summer ozone exposure and interactions with extended winter thaws and/or late frosts (likely to increase under global warming) and interactions of excess nitrogen fertilization and extended winter thaw. The results are being incorporated in a mathematical and spatial model that may allow scientists to interpret causes of past declines in birches and to project the health of the species under future conditions.

© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada 2002 ISBN 0-662-66725-5 N°. catalogue. Fo 42-332/2002

Tropospheric ozone can harm Canada's forest ecosystems by impairing tree physiology, in particular, decreasing the rate of photosynthesis in some species and altering carbohydrate allocation patterns in others. With respect to the latter, carbon is commonly decreased to the roots and increased to the shoots, which makes trees more vulnerable to drought, nutrient deficiencies, and winter damage.

Free radicals produced by tropospheric ozone are responsible for its toxic effects on trees. They damage the processes controlling the export of sugars from the leaves, leading to reduced growth rates; make trees more vulnerable to insects and pathogens; and weaken root systems, increasing their susceptibility to frost and fungal damage.

Canadian Forest Service Research

Since the 1980s, researchers at the Canadian Forest Service (CFS) have been studying indirect human-induced effects of greenhouse gases on Canada's forest ecosystems. They are using this knowledge to create models that will predict how these effects will impact Canada's forests now and under future conditions. This will help Canada to plan strategies to adapt to these effects and to understand better the role of the forests in the global carbon cycle. CFS research is also contributing to the sustainable management of Canada's forests. It will help Canadians find ways of taking advantage of climate change where possible and of reducing its impacts where necessary.

In forest ecosystems, natural (e.g., climate, fire, and insects) and human-induced factors interact in complex ways.

To date there is only limited evidence that certain combinations of indirect human-induced stresses (either negative or positive) are resulting in potential risk to forest production and carbon stocks at the landscape level. Any effects, however, are likely to be area or species specific and occur against a background of long-term forest change in response to climate.

For more information

CFS Headquarters
580 Booth Street
Ottawa, Ontario
K1A 0E4
(613) 947-7341

Pacific Forestry Centre
506 West Burnside Road
Victoria, British Columbia
V8Z 1M5
(250) 363-0600

Northern Forestry Centre
5320-122 Street
Edmonton, Alberta
T6H 3S5
(780) 435-7210

Great Lakes Forestry Centre
1219 Queen Street East
P.O. Box 490
Sault Ste. Marie, Ontario
P6A 5M7
(705) 949-9461

Laurentian Forestry Centre
1055 du P.E.P.S. Street
P.O. Box 3800
Sainte-Foy, Quebec
G1V 4C7
(418) 648-3770

Atlantic Forestry Centre
Hugh John Flemming
Forestry Centre
P.O. Box 4000
Fredericton, New Brunswick
E3B 5P7
(506) 452-3500

Corner Brook Office
P.O. Box 960
Corner Brook, Newfoundland
A2H 6J3
(709) 637-4900

© Her Majesty the Queen in Right of Canada 2002 ISBN 0-662-66725-5 Cat. no. Fo42-332/2002

103-01368/

Effets du dioxyde de carbone, de l'azote et de l'ozone troposphérique sur le bilan du carbone des forêts du Canada

RESSOURCES NATURELLES
POUR AUJOURD'HUI ET POUR DEMAIN

Jusqu'à maintenant, peu d'éléments indiquent que les effets du dioxyde de carbone, de l'azote et de l'ozone troposphérique d'origine humaine provoquent des changements significatifs (négatifs ou positifs) du taux de croissance des forêts à l'échelle du paysage. Tout effet éventuel devrait varier selon la région et survenir dans le contexte de l'évolution à long terme du climat et de la forêt.

Sous l'effet des activités humaines, comme l'utilisation de combustibles fossiles, les concentrations de gaz à effet de serre ne cessent d'augmenter à l'échelle de la planète. Certains scientifiques estiment que ces concentrations excédentaires de gaz, notamment de dioxyde de carbone et d'azote, ont un effet positif sur la croissance des forêts. D'autres croient que le surplus d'azote, l'augmentation de l'ozone troposphérique (de la basse atmosphère), les pluies acides et d'autres conditions engendrées par des concentrations excessives de gaz à effet de serre nuisent à la croissance des forêts.

Augmentation du dépôt d'azote

Au Canada, peu d'éléments indiquent jusqu'à maintenant que le dépôt d'azote a influé sur les taux d'accumulation du carbone à l'échelle du paysage. Cependant, certains signes laissent voir que le dépôt excessif a eu des effets néfastes sur les peuplements forestiers.

L'azote est un élément nutritif essentiel à la croissance des forêts. Dans certains écosystèmes forestiers, il constitue un facteur limitant, car il s'y retrouve surtout sous des formes difficilement bioassimilables par la plupart des

La plupart des scientifiques sont persuadés que l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère (notamment de dioxyde de carbone) contribue au changement climatique. L'utilisation de combustibles fossiles fait augmenter la concentration atmosphérique de dioxyde de carbone. Les forêts, les terres agricoles et les océans absorbent parallèlement une partie du dioxyde de carbone présent dans l'atmosphère.

Les arbres, les sols et la tourbe des forêts du Canada recèlent d'importantes quantités de carbone. Une forêt est qualifiée de puits lorsque ses réserves de carbone augmentent et de source dans le cas contraire. Avec le temps, un puits peut se transformer en source. Lorsqu'une forêt est détruite par une perturbation d'origine naturelle ou anthropique, elle devient une source, car une certaine partie du carbone qu'elle contenait est rejetée dans l'atmosphère sous forme de dioxyde de carbone. À mesure qu'une forêt se repeuple, elle se transforme en puits, car la végétation en croissance et les matériaux du sol absorbent le dioxyde de carbone présent dans l'atmosphère.

Ressources naturelles Canada | Natural Resources Canada

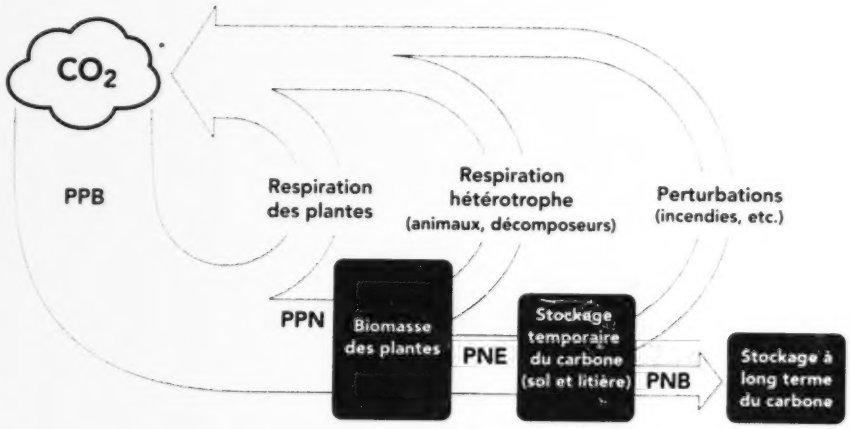
Canada

végétaux. La quantité d'azote assimilable dans un écosystème forestier donné joue un rôle important dans la biodiversité des végétaux, dans la dynamique des populations formant les réseaux trophiques associés et dans des processus écologiques, comme la productivité de la végétation, la rusticité et le cycle biogéochimique.

Sous l'effet des activités humaines, comme l'utilisation de combustibles fossiles, l'apport d'azote assimilable a augmenté dans nombre d'écosystèmes forestiers. Un excès d'azote

- est un élément majeur contribuant au smog et à l'acidification du brouillard, phénomènes qui altèrent les processus et la santé des écosystèmes;
- entraîne des pertes d'éléments nutritifs dans le sol, comme des pertes de calcium et de potassium, réduisant ainsi la fertilité à long terme des sols;
- acidifie le sol, ce qui peut avoir à long terme des effets néfastes sur la croissance des forêts;
- est exporté à l'extérieur des bassins versants boisés où il peut contribuer à l'acidification et à l'eutrophisation épisodiques des écosystèmes aquatiques;

Bilan du carbone des écosystèmes terrestres



Les arbres absorbent le dioxyde de carbone présent dans l'atmosphère. Grâce à l'énergie solaire, ils le transforment en glucides par la photosynthèse. C'est ce qu'on appelle la productivité primaire brute (PPB). Près de la moitié des glucides ainsi obtenus servent à l'entretien de l'arbre (la respiration) et le reste va à la croissance. La productivité primaire nette (PPN) désigne la nouvelle matière vivante ainsi produite. Environ les cinq sixièmes de la PPN annuelle sont restitués à l'atmosphère par la respiration hétérotrophe (par les herbivores et les micro-organismes décomposeurs comme les bactéries et les champignons qui s'attaquent aux feuilles et aux branches tombées sur le sol). Le sixième restant, c'est-à-dire la quantité totale de matière organique qui s'accumule dans un lieu au cours d'une année, une fois toutes les pertes déduites, est appelé la productivité nette de l'écosysteme (PNE). Certains peuplements d'une forêt sont victimes du feu ou d'autres perturbations. La productivité nette du biome (PNB) désigne ce qui reste à l'échelle de l'ensemble d'un biome (gamme d'écosystèmes) après le passage de ces perturbations. La PNB est l'apport ou le prélèvement net de l'atmosphère.

- peut réduire la faculté des végétaux de transformer le dioxyde de carbone capté dans l'atmosphère;
- peut réduire le rapport entre la biomasse du système racinaire et du système foliacé et, par conséquent, (1) accroître la sensibilité de la plante à la sécheresse et ainsi neutraliser les gains d'efficacité d'utilisation de l'eau que pourrait engendrer la fertilisation par le dioxyde de carbone et (2) accroître les possibilités de carences en éléments nutritifs en raison de la biomasse réduite des racines; et
- peut accélérer les pertes de diversité biologique, notamment chez les espèces végétales adaptées à des sols à faible teneur en azote, en accentuant la concurrence des graminées et d'autres espèces végétales acidophiles, affectant ainsi les animaux et les micro-organismes qui en dépendent.

L'augmentation du dépôt d'azote peut améliorer temporairement le piégeage du carbone dans les écosystèmes forestiers à faible teneur en azote et entraîner un gain à court terme de carbone de la PPN. Cependant, les recherches actuelles indiquent que la proportion de la PNB de l'ensemble des forêts du Canada (dont seule une portion est aménagée) va diminuant. Selon les estimations, le domaine forestier canadien serait donc une source nette de dioxyde de carbone dans l'atmosphère.

Le possible effet positif du dépôt d'azote sur la croissance des forêts de l'Amérique du Nord pourrait être neutralisé à moyen terme par d'autres variables, comme une pénurie d'éléments nutritifs ou d'eau.

Fertilisation par le dioxyde de carbone

Le Canada peut s'attendre notamment à des répercussions de la fertilisation par le dioxyde de carbone et même sur les taux d'accumulation du carbone et la capacité de piégeage.

Lors d'essais menés avec de jeunes arbres, certaines essences ont été exposées à des concentrations plus élevées de dioxyde de carbone et ont amélioré leur rendement photosynthétique en partie en raison d'une meilleure efficacité de l'utilisation de l'eau. Elles auraient donc la faculté de prélever dans l'atmosphère une plus grande quantité de dioxyde de carbone. C'est ce qu'on appelle l'effet de fertilisation par le dioxyde de carbone. On suppose que cette fertilisation représente entre 0 et 33 % de la quantité totale de dioxyde de carbone absorbée chaque année par la végétation terrestre. Grâce à cet effet de fertilisation, certaines essences des forêts naturelles peuvent afficher une meilleure croissance et prélever dans l'atmosphère une plus grande quantité de dioxyde de carbone, réduisant ainsi l'impact de l'utilisation des combustibles fossiles sur le réchauffement de la planète.

La photosynthèse n'est pas le seul processus à prendre en compte pour équilibrer les concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone. La libération dans l'atmosphère de dioxyde de carbone par la respiration ou la combustion de matière végétale vivante et morte fait contrepoids à l'absorption d'une plus grande quantité de dioxyde de carbone atmosphérique par les végétaux (par photosynthèse). La combinaison de ces processus se traduit par une absorption nette ou un rejet net.

Certains scientifiques ont posé l'hypothèse que la PPN des forêts du Canada était grandissante et que cette augmentation pourrait être en par-

L'expérience FACE (Enrichissement en dioxyde de carbone en air libre) fournit une technologie permettant de modifier les concentrations de dioxyde de carbone et d'ozone autour de végétaux en croissance de manière à simuler les futures concentrations de ces gaz sous l'effet du changement climatique. Les résultats des recherches de FACE nous révèlent les effets de l'augmentation des concentrations de dioxyde de carbone sur les forêts. Le Service canadien des forêts est l'un des partenaires de recherche du plus important volet expérimental au monde de FACE, le FACTSII, une expérience sur le transfert et le stockage du carbone en air libre avec le peuplier faux-tremble. Cette expérience multidisciplinaire s'intéresse à tous les aspects mesurables de la météorologie, des flux de gaz, de la réaction de l'écosystème (portion aérienne et souterraine), du cycle du carbone ainsi qu'à la modélisation des processus à l'échelle du peuplement.

tie attribuable à la fertilisation par le dioxyde de carbone. Pour l'heure, on croit toutefois que la PNB de l'ensemble des forêts du Canada est à la baisse en raison des modifications récentes des régimes de perturbations et de la dynamique d'âge. Selon les estimations, l'ensemble des forêts du pays libère une plus grande quantité de carbone qu'elles n'en absorbent par photosynthèse et sont une source nette de carbone depuis plusieurs décennies.

Dans l'est de l'Amérique du Nord, les données d'inventaire révèlent que la fertilisation par le dioxyde de carbone n'a pas sensiblement affecté les taux d'accumulation du carbone dans la biomasse forestière au cours du dernier siècle. Il a été démontré que la dynamique d'âge des forêts, les modifications de l'utilisation du territoire et les altérations des régimes de perturbations naturelles avaient une influence beaucoup plus grande sur la croissance des forêts que la fertilisation par le dioxyde de carbone. Les membres de la communauté scientifique s'entendent de plus en plus pour dire que tout effet fertilisant possiblement existant du dioxyde de carbone pourrait arriver à saturation (c'est à dire que sa contribution aux prélèvements nets de dioxyde de carbone sera réduite à zéro) au cours des quelque 100 prochaines années.

Selon les résultats d'études du projet FACE (Enrichissement en dioxyde de carbone en air libre), une simple augmentation de la concentration de dioxyde de carbone améliore la croissance chez certaines essences forestières, mais les effets de l'ozone troposphérique annulent ces bienfaits.

Ozone troposphérique

L'ozone de la haute atmosphère protège la Terre contre les dangereux rayons ultraviolets, tandis que l'ozone troposphérique est un polluant toxique. Selon les scientifiques, jusqu'à 49 % des forêts de la planète (17 millions de kilomètres carrés) seront exposées à des concentrations dommageables d'ozone troposphérique d'ici 2100.

L'ozone troposphérique est un composant majeur du smog. Il est le produit de réactions entre des polluants primaires (oxydes d'azote et composés organiques volatils) et la lumière du soleil. Des activités humaines, comme l'utilisation de combustibles fossiles et les transports, émettent des oxydes d'azote et des composés organiques volatils. L'ozone troposphérique est un gaz à effet de serre qui emprisonne le rayonnement thermique renvoyé par la surface de la Terre et l'empêche ainsi de s'échapper. Il est le gaz de l'atmosphère le plus toxique et le plus nocif pour les plantes.

Même si les précurseurs de la pollution par les oxydes d'azote proviennent principalement des régions urbaines, ils sont transportés sur de grandes distances par le vent et entraînent une production significative d'ozone troposphérique à l'échelle régionale et continentale. Les plus fortes concentrations d'ozone troposphérique sont produites lors des chaudes journées ensoleillées et relativement calmes du milieu à la fin de l'été, en fin de matinée et au début de l'après-midi, notamment dans les régions soumises à une inversion de la température.

Au Canada, les concentrations moyennes annuelles d'ozone troposphérique vont grandissant, surtout dans les régions urbaines. Au moins deux millions d'hectares de forêt productive de

Les installations de fumigation d'ozone, situées au Centre de foresterie de l'Atlantique du Service canadien des forêts, sont actuellement les seules au Canada à étudier les effets conjugués des stress d'origine humaine liés à l'ozone. Ces études, menées à l'aide d'essences de bouleau, s'intéressent à l'exposition estivale à des concentrations d'ozone et aux interactions avec des périodes hivernales prolongées de dégel et/ou des gelées tardives (phénomènes qui devraient augmenter sous l'effet du réchauffement de la planète) ainsi qu'aux interactions d'une fertilisation excessive par l'azote et d'un dégel hivernal prolongé. Les résultats de ces études sont intégrés à un modèle spatial et mathématique qui pourrait permettre aux scientifiques d'interpréter les causes des déclins antérieurs du bouleau et d'établir des prévisions à l'égard de l'état de santé de cette essence sous l'effet des conditions futures.

l'est du Canada sont exposés chaque année à des concentrations dommageables. L'exposition des forêts de l'Ouest est difficile à estimer en raison du manque de données de surveillance au sol, mais certains écosystèmes forestiers de l'Ouest seront vraisemblablement plus exposés par suite de l'importante expansion de l'industrie.

L'ozone troposphérique peut faire du tort aux écosystèmes forestiers du Canada : il peut porter atteinte à la physiologie des arbres, notamment diminuer le rendement photosynthétique de certaines essences et altérer les modes d'allocation des glucides chez d'autres. Dans ce dernier cas, il arrive souvent que la teneur en carbone diminue dans les racines et augmente dans les tiges, ce qui a pour effet de rendre les arbres plus sensibles à la sécheresse, à des carences nutritives et aux dégâts causés par l'hiver.

Les radicaux libres produits par l'ozone troposphérique sont responsables de ses effets toxiques sur les arbres. Ils causent du tort aux processus régissant l'exportation des glucides des feuilles et entraînent une réduction des taux de croissance, ils rendent les arbres plus sensibles aux insectes et aux pathogènes et ils affaiblissent les systèmes racinaires et les rendent plus sensibles au gel et aux champignons.

La recherche au Service canadien des forêts

Depuis les années 1980, les chercheurs du Service canadien des forêts (SCF) s'intéressent aux effets anthropiques indirects des gaz à effet de serre sur les écosystèmes forestiers du Canada. Ils utilisent ces connaissances pour créer des modèles qui prédiront les répercussions de ces effets sur la forêt canadienne d'aujourd'hui et de demain. Ils aident ainsi le Canada à élaborer des stratégies d'adaptation et à mieux comprendre le rôle des forêts dans le cycle mondial du carbone. La recherche menée au SCF contribue également à l'aménagement durable des forêts du Canada. Elle aidera les Canadiennes et les Canadiens à trouver des moyens, le cas échéant, de tirer parti du changement climatique ou, au besoin, d'atténuer ses répercussions.

Dans les écosystèmes forestiers, les facteurs naturels (p. ex., climat, feu et insectes) et anthropiques interagissent de manière complexe.

À ce jour, peu d'éléments indiquent que la productivité des forêts et les stocks de carbone à l'échelle du paysage puissent être menacés par certaines combinaisons de stress anthropiques indirects (tant négatifs que positifs). Cependant, tout effet éventuel devrait se faire sentir au niveau local ou d'une essence donnée dans le contexte de l'évolution à long terme de la forêt en réponse au changement climatique.

Renseignements supplémentaires

Administration centrale du SCF
580, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A 0E4
(613) 947-7341

Centre de foresterie du Pacifique
506, West Burnside Road
Victoria (Colombie-Britannique)
V8Z 1M5
(250) 363-0600

Centre de foresterie du Nord
5320-122, Street
Edmonton (Alberta)
T6H 3S5
(780) 435-7210

Centre de foresterie des Grands Lacs
1219, Queen Street East
C.P. 490
Sault Ste. Marie (Ontario)
P6A 5M7
(705) 949-9461

Centre de foresterie des Laurentides
1055, rue du P.E.P.S.
C.P. 3800
Sainte-Foy (Québec)
G1V 4C7
(418) 648-3770

Centre de foresterie de l'Atlantique
Centre forestier
Hugh John Flemming
C.P. 4000
Fredericton (Nouveau-Brunswick)
E3B 5P7
(506) 452-3500

Bureau de Corner Brook
C.P. 960
Corner Brook (Terre-Neuve)
A2H 6J3
(709) 637-4900

© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada 2002 ISBN 0-662-66725-5 N° catalogue Fo 42-332/2002